

## 1)

**(43)Date of publication of application : 21.01.2000**

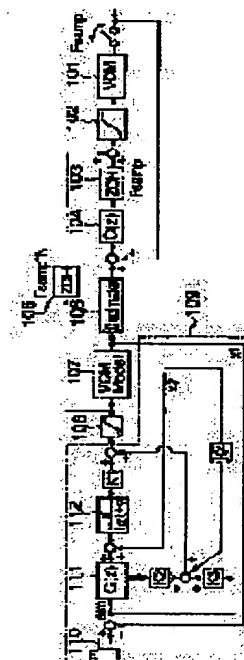
**G11B 21/08**

(71)Applicant : TOSHIBA CORP

(72)Inventor : TAKAKURA SHINJI

**(57)Abstract:**

**SOLUTION:** In a magnetic disk apparatus, a sliding mode control system 109 including a switching surface having the frequency characteristic is formed to a model side control system within the control system during the seek operation and the calculation period in the model side is set shorter than the period in which the position of head 4 is observed. Thereby, output period of control current command given to the VCM drive system from the model side control system is set shorter than the output period of the feedback controller to make smooth the change of current command. Thereby, high-speed seek system not exciting the high-order resonance mode of VCM can be realized.



**[Date of request for examination]**

[Date of sending the examiner's decision of rejection]

[Kind of final disposal of application other than the examiner's decision of rejection or application converted registration]

[Date of final disposal for application]

[Patent number]

[Date of registration]

[Number of appeal against examiner's decision of rejection]

[Date of requesting appeal against examiner's decision of rejection]

[Date of extinction of right]

**BEST AVAILABLE COPY**

Copyright (C); 1998,2003 Japan Patent Office

(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号  
特開2000-21103  
(P2000-21103A)

(43) 公開日 平成12年1月21日 (2000.1.21)

(51) Int.Cl.<sup>7</sup>

識別記号

F I

テーマコード(参考)

G 1 1 B 21/08

G 1 1 B 21/08

B 5 D 0 8 8

審査請求 未請求 請求項の数 2 O L (全 13 頁)

(21) 出願番号 特願平10-185440

(22) 出願日 平成10年6月30日 (1998.6.30)

(71) 出願人 000003078

株式会社東芝

神奈川県川崎市幸区堀川町72番地

(72) 発明者 高 倉 晋 司

神奈川県川崎市幸区小向東芝町1 株式会  
社東芝研究開発センター内

(74) 代理人 100064285

弁理士 佐藤 一雄 (外3名)

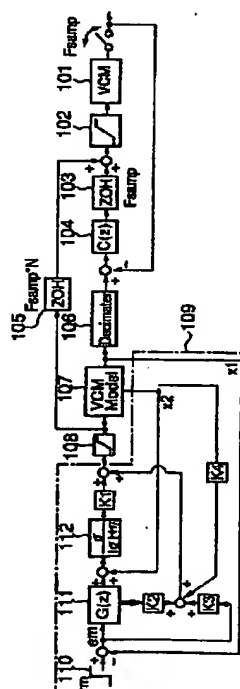
Fターム(参考) 5D088 PP01 SS11 TT03 UU01

(54) 【発明の名称】 磁気ディスク装置のシーク制御方法

(57) 【要約】

【課題】 磁気ディスク装置のシーク制御系に対して、高速かつ低騒音のシークを実現させる。

【解決手段】 磁気ディスク装置1において、シーク時における制御系内部のモデル側制御系に周波数特性を持った切替面を有するスライディングモード制御系109を構成し、かつ、モデル側の計算周期をヘッド4位置が観測される周期より短くすることにより、モデル側制御系からVCM駆動系に与えられる制御電流指令の出力周期をフィードバック制御器の出力周期よりも短くし、電流指令の変化を滑らかにする。このようにすることにより、VCMの高次共振モードを励起しない高速なシーク系が実現できるようになる。



本発明のシーク制御

**【特許請求の範囲】**

【請求項 1】情報を磁気的に記録可能な磁気ディスクに対する情報の記録再生を行なうヘッドをシーク方向に移動させるボイスコイルモータと、前記ヘッドの目標位置と実際の検出位置との誤差に基づいて規範位置指令を求めてフィードバック制御する位置誤差フィードバック系と、前記ヘッドの目標移動距離を入力して前記ボイスコイルモータの制御数式モデルを用いて最適な電流指令を前記ボイスコイルモータにフィードフォワード的に出力する 2 自由度制御系と、を少なくとも備える磁気ディスク装置のシーク制御方法において、前記 2 自由度制御系の電流指令の出力周期が、前記位置誤差フィードバック制御系の規範位置指令の出力周期よりも短いことを特徴とする磁気ディスク装置のシーク制御方法。

【請求項 2】前記 2 自由度制御系に用いられる電流指令と前記位置誤差フィードバック制御系に用いられる規範位置指令とを作成する際に、周波数特性を持たせた切替面を有するスライディングモード制御系が用いられていることを特徴とする請求項 1 に記載の磁気ディスク装置のシーク制御方法。

**【発明の詳細な説明】****【0001】**

【発明の属する技術分野】本発明は磁気ディスク装置のシーク制御方法に関する。

**【0002】**

【従来の技術】近年、磁気ディスク装置に用いられる磁気ディスクの記録密度の高密度化に伴い、低騒音で高速に磁気ヘッドをシーク (seek) させる技術が求められている。図 4-1 に示すように、磁気ディスク装置 1 はスピンドルモータ 2 により回転駆動される磁気ディスク 3 と、先端二次記ヘッド 4 が取り付けられ基端が軸受けされたロータリアクチュエータ 5 と、このアクチュエータ 5 を駆動するコイル 6 a を備えるボイスコイルモータ 6 と、制御基板 7 と、を備えている。このような磁気ディスク装置における従来のシーク技術は、以下に説明する第 1 及び第 2 のシーク制御方法の 2 つに大きく大別されている。

【0003】第 1 のシーク制御方法は、シークを行なう際の制御系を、目標制御系と目標シリンダ近傍における過度制御系とで切替える制御技術である。この第 1 のシーク制御方法においては、ヘッドの位置が目標シリンダから遠い場合には速度プロファイル曲線に基づいて残り距離に対して算出された目標速度とヘッドの移動速度との差にゲインを乗じて求めた値を制御量として用いる、速度フィードバック制御系を構成している。この第 1 のシーク制御方法においては、ヘッド位置が、目標シリンダの近傍となったときに制御系を速度制御系から過度制御系に切り替えているので、テーブルから参照された位置指令に従って、ヘッドの位置が目標シリンダに滑らか

に到達する。

【0004】上記第 1 のシーク制御方法は、速度プロファイル曲線を試行錯誤しながら設定していること、速度制御系から過度制御系に切り替える際のヘッド位置と速度との相関が不安定であること、などに起因してセトリグ時間のバラツキが大きいという問題点があった。そこで、第 2 のシーク制御方法が提案されている。この第 2 のシーク制御方法は、制御系の内部にボイスコイルモータ (VCM-Voice Coil Motor) の数式モデルを予め設けておき、速度プロファイルを用いてこの VCM モデルを制御する速度制御系を構成したものである。

【0005】図 2-6 は制御系内部に VCM の数式モデルを持たせた従来のシーク制御系の構成を示すブロック図である。図 2-6 において、シーク制御系は VCM 1 と、電流リミッタ 2、8 と、零次ホルダ 3 と、ヘッド位置決めフィードバック制御器 4 と、VCM モデル 7 と、テーブル 10 と、を備えている。従来のシーク制御系では、予め制御プログラム内に図 2-7 に示すような速度プロファイル曲線をテーブル 10 として持っており、サンプリング周波数  $F_{\text{samp}}$  で計算されたモデルの位置  $Y_m$  から残り距離  $e_m$  を算出し、この残り距離からテーブルを参照して速度指令  $V_{\text{cmd}}$  を作成している。そして、この速度指令  $V_{\text{cmd}}$  にモデルの速度  $V_m$  を算出し、この残り距離からテーブルを参照して速度指令  $V_{\text{cmd}}$  を作成している。そして、この速度指令  $V_{\text{cmd}}$  にモデルの速度  $V_m$  が追従するように、定数フィードバックゲイン  $K$  を掛けた速度制御系をモデル側制御系に構成し、このときのモデル位置  $Y_m$  を規範位置指令、モデルに与えられる制御指令値  $F F_m$  を制御電流指令として VCM のヘッド位置決め制御系に与えている。

【0006】すなわち、2 自由度制御系を構成していることになる。このモデル側制御系における速度制御を別な観点から見てみると、モデルの位置と速度からなる位相面上の切替面を速度プロファイル曲線として与え、この切替面にモデルの状態 (位置と速度) を拘束しようとしていることと同じと考えられる。しかしながら、単なる定数フィードバックしか施していない為に、モデルの状態は位相面上の切替面 (速度プロファイル曲線) に拘束されることはなく、図 2-8 に示すような誤差を呈して原点に収束することになる。

【0007】図 2-6 に示す従来のシーク制御方法の制御系における 50、100、500、1000 シリンダシークのシミュレーションによるヘッド位置、ヘッド速度、モデル側制御系からの制御電流指令が、図 2-9 ないし図 4-0 に示されている。これらの図において、従来のシーク制御系の場合は減速時の速度波形に振動が見られることが分かる。

【0008】この第 2 のシーク制御方法は、数式モデルへの制御入力を実際の VCM への制御電流指令として駆動系に加えるものであり、数式モデルの位置と観測され

たヘッド位置との差を位置誤差フィードバック制御器に加える2自由度制御系を構成するものである。この第2のシーク制御装置はシーク時に目標位置とヘッド位置との誤差をフィードバックしているため、第1のシーク制御装置に比べて外乱やVCMの誤差に対するロバスト性を向上させることができる。

【0009】また、第2のシーク制御方法は上述したように外乱やVCM誤差に対するロバスト性を向上できるが、モデル側の制御系の速度プロファイル曲線の設定によりシーク速度やVCMの高次共振モードに影響がでる点では第1のシーク制御装置と同様の問題点を有している。この速度プロファイル曲線は、現在のところ明確な設計指針がないため、技術者の試行錯誤により設定されている。そのため、現在のシーク制御装置では磁気ディスクの高密度化に伴い求められる高速・低騒音シークを実現することが難しいものと考えられている。

【0010】

【発明が解決しようとする課題】上述したように、従来のシーク制御装置によれば、速度プロファイル曲線を設定することにより、シーク時の規範位置指令と、VCM駆動系に与えられる制御電流指令のそれぞれの波形が決定されてしまうことになるにも拘わらず、この速度プロファイル曲線は技術者が試行錯誤を重ねることにより設定しており、明確な設定指針がないという問題点があった。このため、VCMの高次共振モードを励起しない高速かつ低騒音のシーク制御を実現するための速度プロファイル曲線を設定することは非常に困難であった。

【0011】本発明は上記従来のシーク制御装置の問題を解決するために、VCMの高次共振モードを励起しない高速かつ低騒音のシーク制御方法を提供することを目的としている。

【0012】

【課題を解決するための手段】上記の目的を達成するため、請求項1に係る磁気ディスク装置のシーク制御方法は、情報を磁気的に記録可能な磁気ディスクに対する情報の記録再生を行なうヘッドをシーク方向に移動させるボイスコイルモータと、前記ヘッドの目標位置と実際の検出位置との誤差に基づいて規範位置指令を求めてフィードバック制御する位置誤差フィードバック系と、前記ヘッドの目標移動距離を入力して前記ボイスコイルモータの制御数式モデルを用いて最適な電流指令を前記ボイスコイルモータにフィードフォワード的に出力する2自由度制御系と、を少なくとも備える磁気ディスク装置のシーク制御方法において、前記2自由度制御系の電流指令の出力周期が、前記位置誤差フィードバック制御系の規範位置指令の出力周期よりも短いことを特徴とする。

【0013】また、請求項2に係る磁気ディスク装置のシーク制御方法は、請求項1に記載のものにおいて、2自由度制御系に用いられる電流指令と位置誤差フィードバック制御系に用いられる規範位置指令とを作成する際

に、周波数特性を持たせた切替え面を有するスライディングモード制御系が用いられていることを特徴としている。

【0014】本発明においては、シーク制御系を速度制御系と過渡制御系とに分けることなく、シーク制御系の内部にVCMの数式モデルを持たせ、このVCMの数式モデルを制御することによりヘッド位置決め制御系に与える規範位置指令と制御電流指令とを作成し、シーク時に2自由度制御系を構成する。このときのモデル側の制御系に周波数特性を持った切替え面を有するスライディングモード制御系を構成し、高次の共振モードを励起しない制御電流指令をVCM駆動系に与えるようにしている。

【0015】また、このときのモデル側の制御系の計算周期をヘッド位置が観測されるサンプリング周期よりも短く設定することにより、VCM駆動系に与えられる制御電流指令の出力周期がフィードバック制御系の規範位置指令の出力周期よりも短くなり、滑らかな制御電流指令を与えることができる。また、そのときのヘッド位置と規範位置指令との誤差が、サンプリング周期でフィードバック制御系に与えられているので、外乱やVCMの特性変動に対してロバストな2自由度制御系が構成される。すなわち、マルチサンプリング2自由度制御系が構成されることになる。

【0016】高速なシークを実現するためには、速度プロファイルをより厳しいものに変更する必要があるが、高速と低騒音という両方の要求を満たす速度プロファイルを試行錯誤により設定することは非常に困難である。そこで、本発明においては、2ク時におけるモデル側の制御系に周波数特性を持った切替え面を有するスライディングモード制御系を構成して、高次の共振モードを励起しない制御電流指令をVCM駆動系に供給するようにしている。このときのモデル側の計算周期をヘッド位置が観測されるサンプリング周期よりも短くすることにより、VCM駆動系に与えられる制御電流指令の変化を滑らかにしている。このように構成することにより、高速かつ低騒音のシーク動作を実現することが可能となる。

【0017】

【発明の実施の形態】以下、本発明に係る磁気ディスク装置におけるシーク制御方法の好適な実施形態について添付図面を参照しながら詳細に説明する。

【0018】図26を用いて説明した従来のシーク制御方法における速度制御系は、切替え面への拘束が非常に弱いスライディングモード制御系とみなすことができ、スライディングモード制御の単位制御入力法における非線形入力を十分に平滑化したものと同じと考えられる。そこで、このことから、本発明では位置と速度からなる位相面で切替え面を与え、その切替え面に制御対象の状態を完全に拘束させるスライディングモード制御系をモデル側制御系に構成する。ただし、位相面で与える切替え面に周

波数特性を持たせることによりモデルの状態の低周波成分だけを切替面に拘束させるようにする。

【0019】このように構成することにより、VCMの高次の共振モードを励起しない規範位置指令と制御電流指令を作成することができる。また、本発明においては、モデル側の計算周期をヘッド位置が観測されるサンプリング周波数 $F_{\text{samp}}$ よりも短くすることにより、モデル側制御系からVCM駆動系に与えられる制御電流指令の出力周期をヘッド位置が観測されるサンプリング周期よりも短くする。このようにすることにより、より滑らかな制御電流指令がVCM駆動系に与えられるようになる。

【0020】また、モデル側の計算周期を短くすることにより、モデルの状態をスライディングモード制御系によって切替面に拘束しやすくなる。ただし、実際のヘッド位置が観測される周期はディスク上のサーボセクタ数により決まってしまうので、モデル側制御系からヘッド位置決めフィードバック系に与えられる規範位置指令は間引いてからヘッド位置決め制御系に与えられる。

$$\begin{bmatrix} x_1(k+1) \\ x_2(k+1) \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} A_{11} & A_{12} \\ A_{21} & A_{22} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} x_1(k) \\ x_2(k) \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} B_1 \\ B_2 \end{bmatrix} u(k) \quad (1)$$

$$y_n(k) = \begin{bmatrix} 1 & 0 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} x_1(k) \\ x_2(k) \end{bmatrix}$$

このとき、モデル側のスライディングモード制御系の計算はヘッド位置が観測されるサンプリング周波数 $F_{\text{samp}}$ よりも高い周波数で計算する。本実施形態においては、ヘッド位置が3.5kHzのサンプリング周波数で観測されるので、モデル側の計算は2倍の7kHzで計算することにする。このモデル側の制御系の計算周期を決める要因には2つのものが考えられる。一つはCPUの計算能力、もう一つはVCMコイルのインダクタンスである。本実施形態に用いたドライブでは3倍の10.5kHzでは最大電流が流れ込まなくなるので、2倍の7kHzでモデル側の制御系の計算を行うことにした。図1

$$e_n(k) + \alpha x_2(k) = 0, \quad e_n(k) = r_n - x_1(k), \quad \alpha \geq 0 \quad (2)$$

$r_n$ : 目標位置(一定値)

これは、磁気ディスク装置のように、求められる制御帯域に対して比較的近い周波数領域に高次の共振モードを持っているようなものでは、このような規範位置指令をヘッド位置決め系に与えることは振動を引き起こす要因になってしまう。傾き $\alpha$ の値を小さくすれば高周波成分を含まない規範位置指令と制御電流指令を得ることはで

【0021】以下、図1ないし図25を用いて本発明の実施形態に係るシーク制御方法を詳細に説明する。図1は本発明の実施形態によるシーク制御系の構成を示すブロック図である。図1においてシーク制御系は、VCM101と、電流リミッタ102と、零次ホルダ103、105と、ヘッド位置決めフィードバック制御器104と、デシメータ106と、VCMの数値モデル107と、リミッタ108と、周波数特性を持つ切替面を有するスライディングモード制御器109と、より構成されている。スライディングモード制御器109は、モデルの位置 $x_1$ と目標移動距離110から残り距離 $e_m$ を計算し、この残り距離 $e_m$ から周波数特性を有する切替面を計算する制御器111と非線形制御部112とを備えている。図1において、スライディングモード制御器109にフィードバック制御値を与えるVCMの数式モデル107は、式(1)のように表されている。

【0022】

【数1】

の111は周波数特性を持ったスライディングモード制御器である。数式モデルの状態変数 $x_1$ 、 $x_2$ は完全に観測できるので、これらを用いてスライディングモード制御系を構成する。一般的なスライディングモード制御では、位相面軌跡は式(2)に表されるような一定の傾きを持った直線で与えられるが、このような位相面軌跡に位置と速度を拘束させると、時間に対する規範位置指令の応答は高周波数成分まで含んだ応答となってしまう。

【0023】

【数2】

きるが、高速なシークを実現することができなくなってしまう。そこで、位相面軌跡の傾きを式(3)に表すようにモデル位置の周波数成分によって変わるように動特性を持たせるようにする。

【0024】

【数3】

$$\begin{cases} z(k+1) = Fz(k) + Ge_m(k) \\ \sigma(k) = Hz(k) + Le_m(k) + x_2(k) \end{cases} \quad (3)$$

以上のことから、式(1)、(3)から、スライディングモード制御における等価線形制御入力は式(4)のように計算される。

【0025】

【数4】

$$u_{eq}(k) = -k_3 e_m(k) + k_2 z(k) + k_4 x_2(k) \quad (4)$$

$$k_3 = (LB_1 + B_2)^{-1} (HG + LA_{11} + A_{21} - L)$$

$$k_2 = (LB_1 + B_2)^{-1} (HF - H)$$

$$k_4 = -(LB_1 + B_2)^{-1} (LA_{12} + A_{22} - 1)$$

$$u_{sli}(k) = u_{eq}(k) + \frac{\sigma(k)}{|\sigma(k)| + \eta} k_1 \quad (5)$$

この制御入力  $u_{sli}$  をモデル107と零次ホールド105を介して制御電流指令としてVCM101に与える。また、モデルの位置  $x_1$  をデシメータ106を通して規範位置指令としてヘッド位置決め制御系に与える。VCM101はモデル側制御系から与えられる制御電流指令により駆動され、そのときの実際のヘッド位置と規範位置指令との誤差がフィードバック制御器によって補償されることになる。

【0027】図2にこのタイミングチャート図を示す。21は割り込みパルス、22はモデル側制御系から与えられる制御電流指令、23はフィードバック制御器からの出力、24はフィードバック制御器演算時間遅れ、25はモデル側制御系から与えられる制御電流指令の出力遅れ、26はヘッド位置が観測されるサンプリング周期である。以下、本発明によるシーク制御系の効果をシミュレーションと実験によって示す。まず始めに、シミュレーションに用いた制御系内部のモデル、VCM、フィードバック制御器の周波数特性を図3ないし図5に示す。2.5インチ磁気ディスクの場合、およそ3.5kHz~4kHzにVCMの構造体による共振モードを持っているので、VCM101には3.7kHzに共振モードを持たせておく。

【0028】図6ないし図21に本実施形態に係るシーク制御系における50, 100, 500, 1000シリンドラシークのシミュレーションによるヘッド位置、ヘッド速度、モデル側制御系からの制御電流指令、モデル側スライディングモード制御系の  $\sigma$  を示す。これらの特性を図24~35に示した従来のシーク制御系における50, 100, 500, 1000シリンドラシークのシミュレーションによるヘッド位置、ヘッド速度、モデル側制御系からの制御電流指令の特性と比較する。500シリ

これから、スライディングモード制御系からのVCMモデルへの制御入力次式(5)のように表される。

【0026】

【数5】

ンダ以上という比較的長いシークでは、従来のシーク制御系の場合は減速時の速度波形に若干の振動が見られるが、本実施形態のシーク制御系では、従来の制御系よりも速いシークを実現しているのにも拘わらず、減速時の速度波形に振動は見られない。

【0029】また、一定速度時には、双方の制御系とも速度波形にVCMの高次モードの影響による振動が見られるが、本発明の制御系の方が振動が小さくなっている。100シリンドラ以下という比較的短いシークになると、双方の速度波形の振動に顕著な差が表れてくる。従来のシーク制御系では、短いシーク距離になると減速時の速度波形にVCMの高次共振モードによる振動が大きく見られるようになり、この振動がシーク時の騒音に大きく寄与しているものと考えられる。この速度波形の振動はサンプル点間の振動となっており、各サンプル時に算出されるヘッド速度にはこの振動は観測されないことになる。一方、本発明によるシーク制御系では、従来よりも速いシークを実現しているにも拘わらず、速度波形にサンプル点間の振動はほとんど見られない。

【0030】これらのシミュレーション結果から、従来のシーク制御系では短いシークになるほどVCMの高次共振モードの影響を受けやすくなるが、本発明の制御系では短い距離のシークから長い距離のシークに亘り速度波形に振動の少ない高速なシークが実現できることが分かる。次に、実際のドライブを用いて50シリンドラの連続往復シーク実験を行ったときの結果を示している。図22と図23は50シリンドラの連続往復シークさせた時のセトリング時の波形である。但し、20回分のシーク波形を重ね描きしたものである。両方とも、シミュレーション結果は、図6と図29に近い応答をしている。また、図24と図25にはこの時のシークの騒音を測定を

した結果を示している。但し、シーク間隔は約 16 msec である。これらのシミュレーション結果と実験結果からも分かるように、本実施形態の制御系は従来よりも速いシーク波形を実現しているにも拘わらず、シーク時の騒音は従来よりも非常に小さくできていることが分かる。

#### 【0031】

【発明の効果】以上説明したように、本発明によれば、VCMの駆動系に与える制御電流指令をフィードバック制御器の出力周期よりも短くし、制御電流指令の変化を滑らかにすることができる。これにより、VCMの高次共振モードを励起しない高速なシークを実現することができる。

#### 【図面の簡単な説明】

【図1】本発明の一実施形態によるシーク制御方法における制御系のブロック図。

【図2】一実施形態による制御出力特性を示すタイミングチャート。

【図3】モデル側制御系内部のVCMモデルの周波数特性を示す特性図。

【図4】シミュレーションに用いたVCMの周波数特性を示す特性図。

【図5】ヘッド位置決め制御系のフィードバック制御器の特性を示す特性図。

【図6】本実施形態による50シリンダシーク時のヘッド位置と規範位置指令のシミュレーション結果を示す特性図。

【図7】本実施形態による50シリンダシーク時のヘッド速度のシミュレーション結果を示す特性図。

【図8】本実施形態による50シリンダシーク時のモデル側制御系からのVCMに与えられる電流指令を示す特性図。

【図9】本実施形態による50シリンダシーク時のモデル側スライディングモード制御系の $\sigma$ の値を示す特性図。

【図10】本実施形態による100シリンダシーク時のヘッド位置と規範位置指令のシミュレーション結果を示す特性図。

【図11】本実施形態による100シリンダシーク時のヘッド速度のシミュレーション結果を示す特性図。

【図12】本実施形態による100シリンダシーク時のモデル側制御系からのVCMに与えられる電流指令を示す特性図。

【図13】本実施形態による100シリンダシーク時のモデル側スライディングモード制御系の $\sigma$ の値を示す特性図。

【図14】本実施形態による500シリンダシーク時のヘッド位置と規範位置指令のシミュレーション結果を示す特性図。

【図15】本実施形態による500シリンダシーク時のヘッド速度のシミュレーション結果を示す特性図。

【図16】本実施形態による500シリンダシーク時のモデル側制御系からのVCMに与えられる電流指令を示す特性図。

【図17】本実施形態による500シリンダシーク時のモデル側スライディングモード制御系の $\sigma$ の値を示す特性図。

【図18】本実施形態による1000シリンダシーク時のヘッド位置と規範位置指令のシミュレーション結果を示す特性図。

【図19】本実施形態による1000シリンダシーク時のヘッド速度のシミュレーション結果を示す特性図。

【図20】本実施形態による1000シリンダシーク時のモデル側制御系からのVCMに与えられる電流指令を示す特性図。

【図21】本実施形態による1000シリンダシーク時のモデル側スライディングモード制御系の $\sigma$ の値を示す特性図。

【図22】本発明の実施形態による50シリンダシーク時のヘッド位置の実験結果を示す特性図。

【図23】図22と比較するために従来手法による50シリンダシーク時のヘッド位置の実験結果を示す特性図。

【図24】本実施形態による50シリンダ往復シーク時の騒音測定結果を示す特性図。

【図25】図24と比較するために従来手法による50シリンダ往復シーク時の騒音測定結果を示す特性図。

【図26】制御系内部にVCMのモデルを持たせた従来のシーク制御系ブロック図。

【図27】従来のシーク制御系における速度プロファイル曲線。

【図28】従来の制御系における位相面軌跡。

【図29】従来手法による50シリンダシーク時のヘッド位置と規範位置指令のシミュレーション結果を示す特性図。

【図30】従来手法による50シリンダシーク時のヘッド速度のシミュレーション結果を示す特性図。

【図31】従来手法による50シリンダシーク時のモデル側制御系からのVCMに与えられる電流指令を示す特性図。

【図32】従来手法による100シリンダシーク時のヘッド位置と規範位置指令のシミュレーション結果を示す特性図。

【図33】従来手法による100シリンダシーク時のヘッド速度のシミュレーション結果を示す特性図。

【図34】従来手法による100シリンダシーク時のモデル側制御系からのVCMに与えられる電流指令を示す特性図。

【図35】従来手法による500シリンダシーク時のヘッド位置と規範位置指令のシミュレーション結果を示す特性図。



【図 36】従来手法による 500 シリンダシーク時のヘッド速度のシミュレーション結果を示す特性図。

【図 37】従来手法による 500 シリンダシーク時のモデル側制御系からの VCM に与えられる電流指令を示す特性図。

【図 38】従来手法による 1000 シリンダシーク時のヘッド位置と規範位置指令のシミュレーション結果を示す特性図。

【図 39】従来手法による 1000 シリンダシーク時のヘッド速度のシミュレーション結果を示す特性図。

【図 40】従来手法による 1000 シリンダシーク時のモデル側制御系からの VCM に与えられる電流指令を示す特性図。

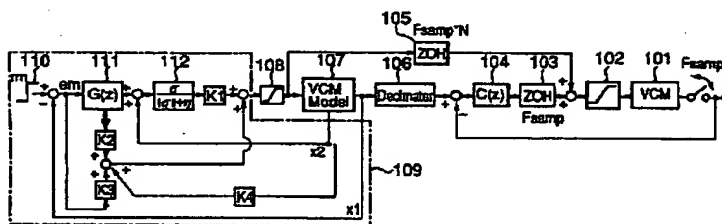
【図 41】本発明に係るシーク制御方法が適用される磁

気ディスク装置を示す斜視図。

【符号の説明】

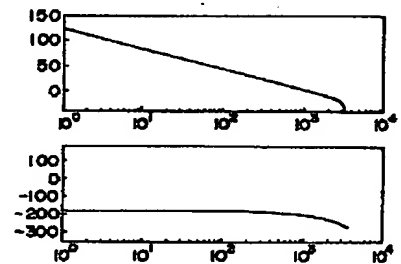
- 1 磁気ディスク装置
- 3 磁気ディスク
- 4 ヘッド
- 5 アクチュエータ
- 6 ボイスコイルモータ
- 107 VCMの数値モデル
- 109 周波数特性を持つ切替え面を有するスライディングモード制御器
- 110 目標移動距離
- 111 周波数特性を持つ切替面
- 112 非線型制御部

【図 1】



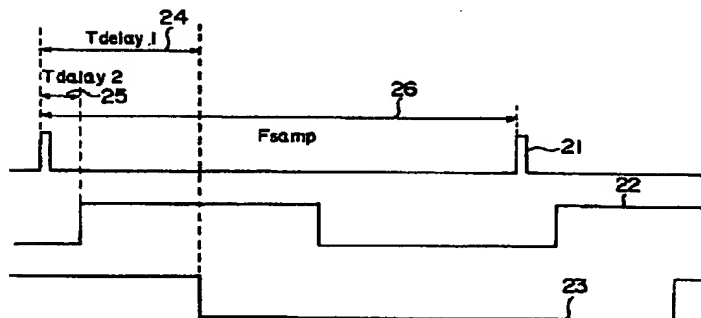
本発明のシーク制御

【図 3】



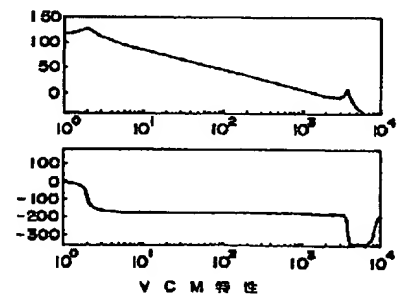
制御系内部に持つモデル

【図 2】



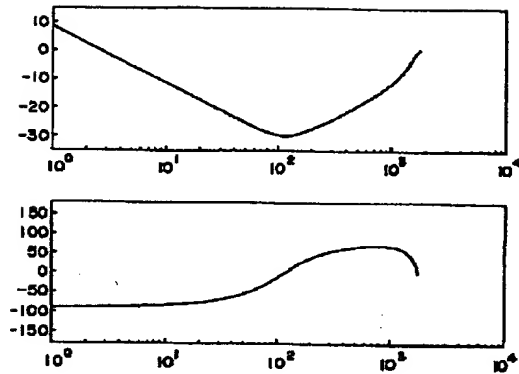
制御出力のタイミングチャート

【図 4】



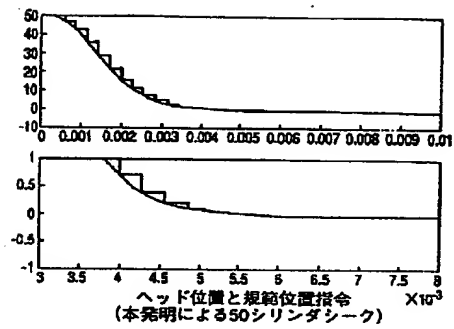
VCM 特性

【図5】

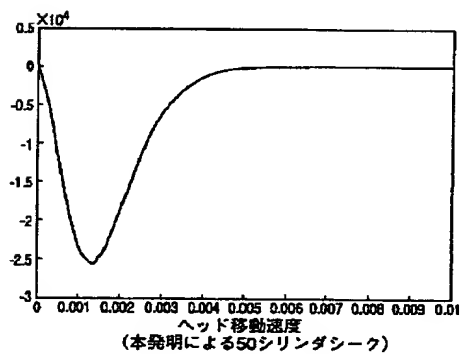


ヘッド位置決め制御系のフィードバック制御

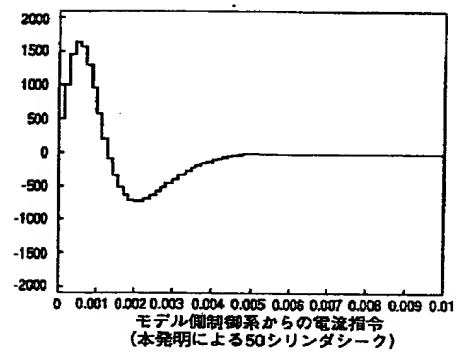
【図6】



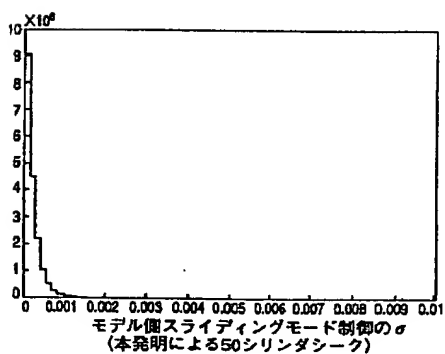
【図7】



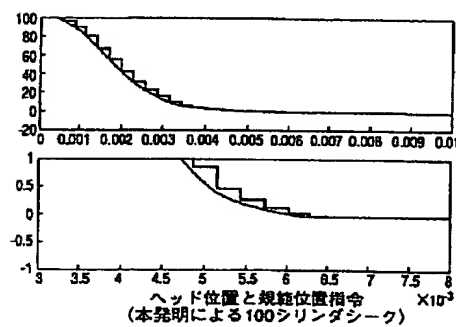
【図8】



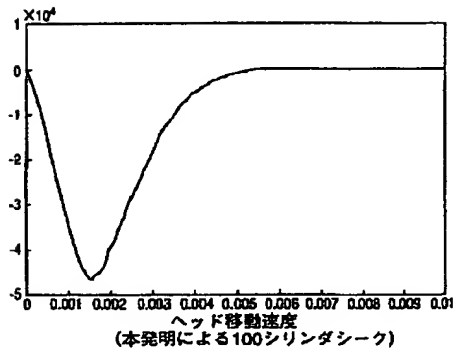
【図9】



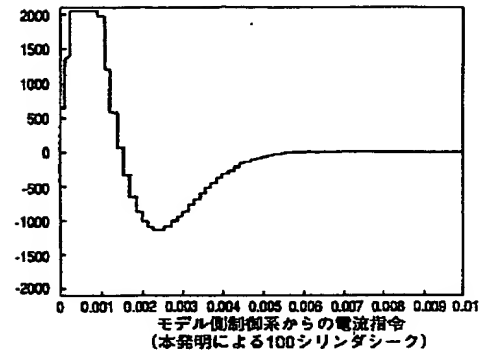
【図10】



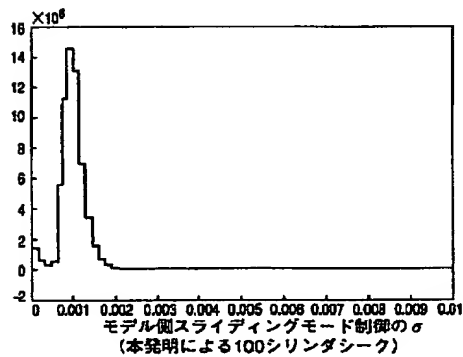
【図11】



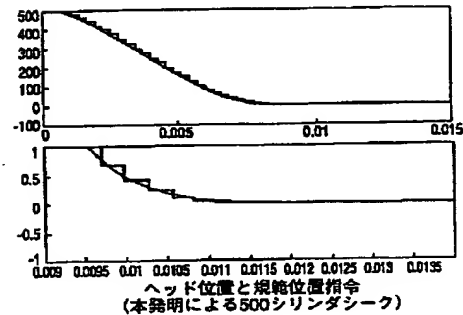
【図12】



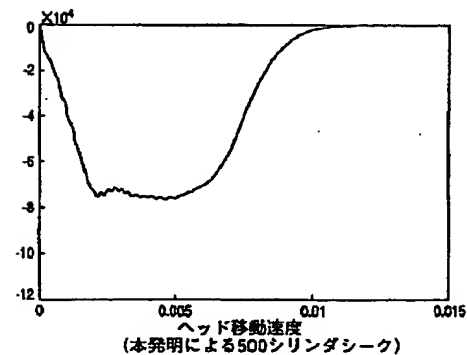
【図13】



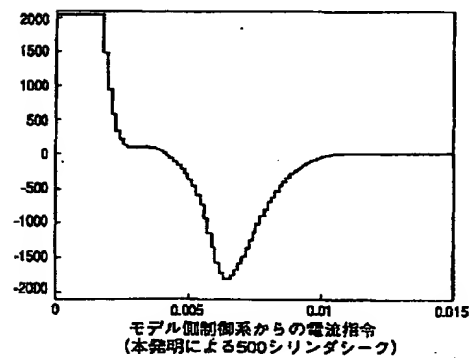
【図14】



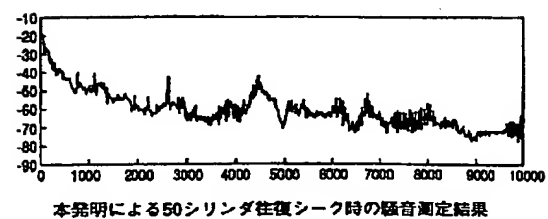
【図15】



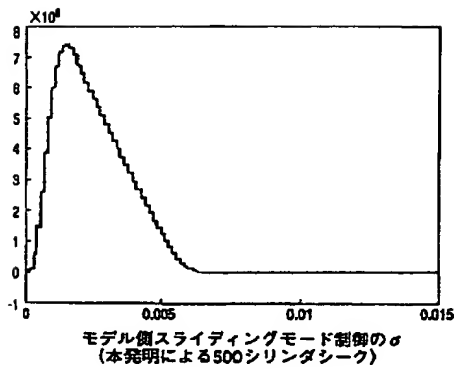
【図16】



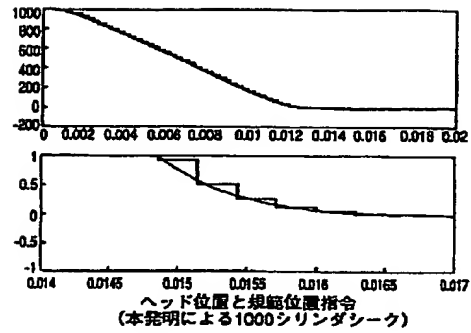
【図24】



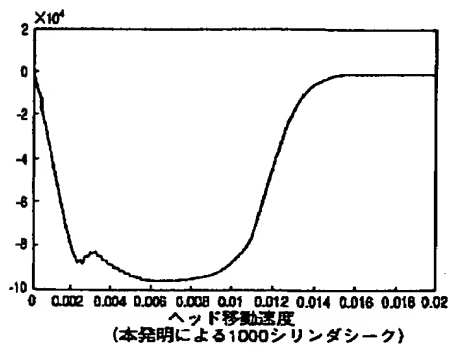
【図17】



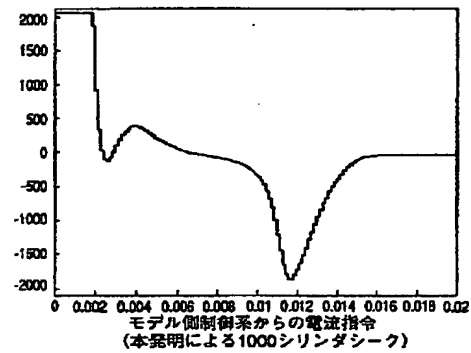
【図18】



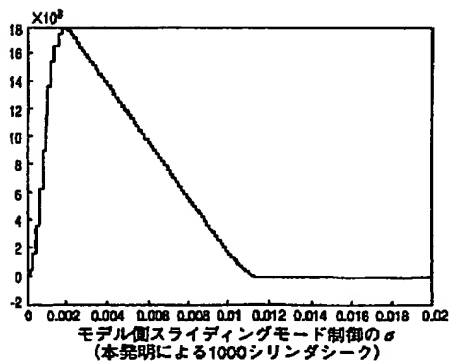
【図19】



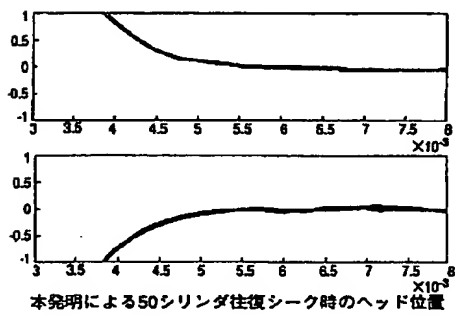
【図20】



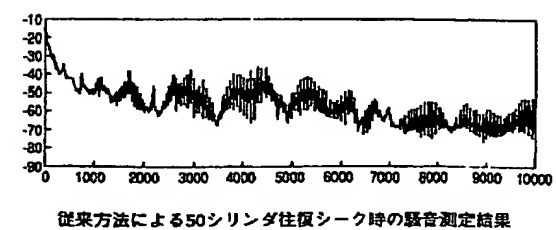
【図21】



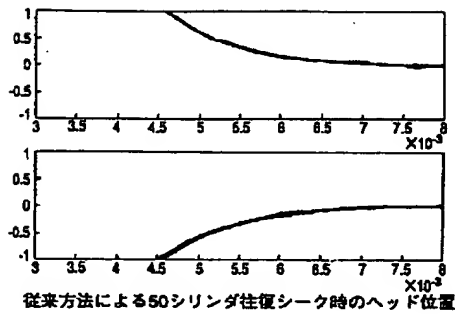
【図22】



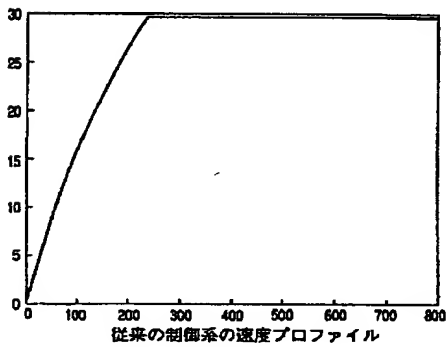
【図25】



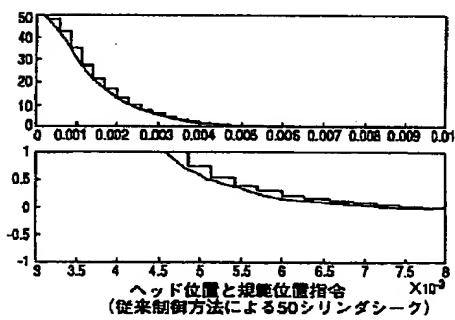
【図23】



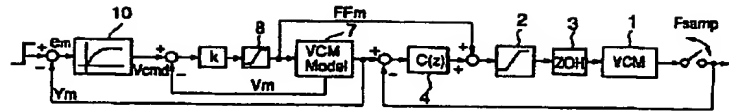
【図27】



【図29】

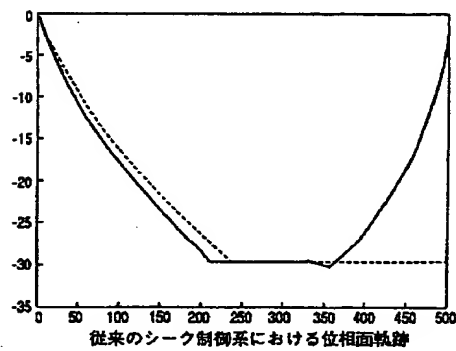


【図26】

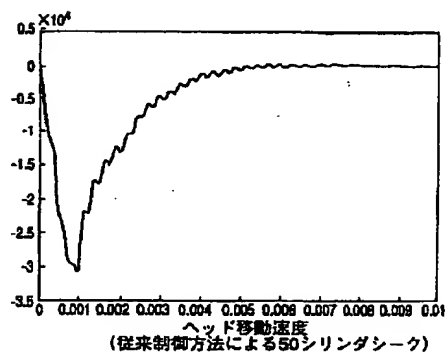


従来のseek制御系の構成図

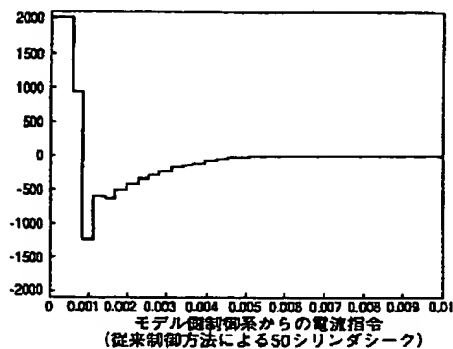
【図28】



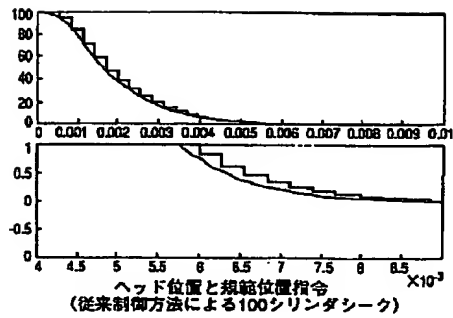
【図30】



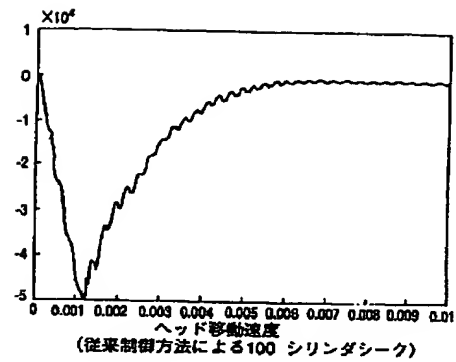
【図31】



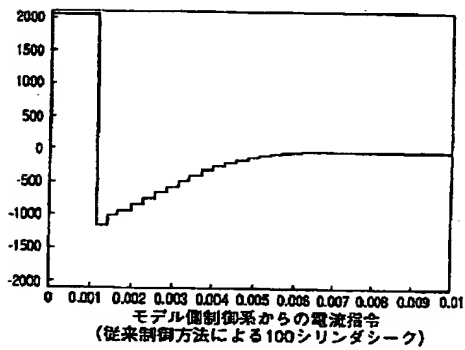
【図32】



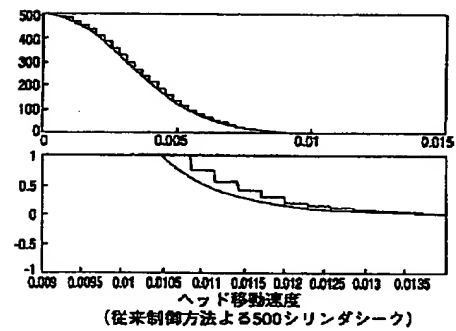
【図33】



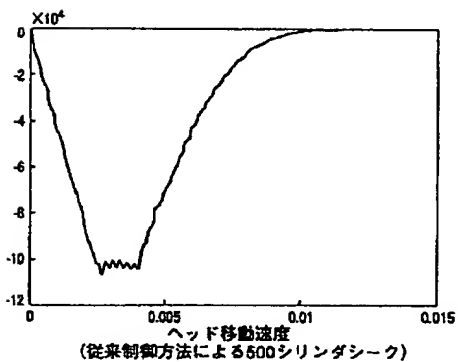
【図34】



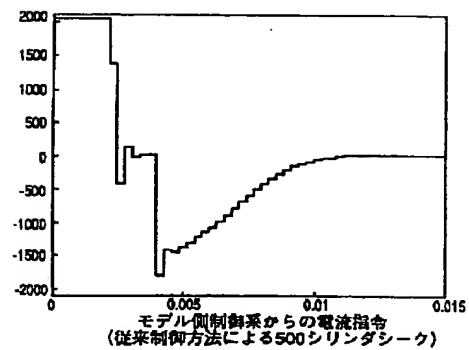
【図35】



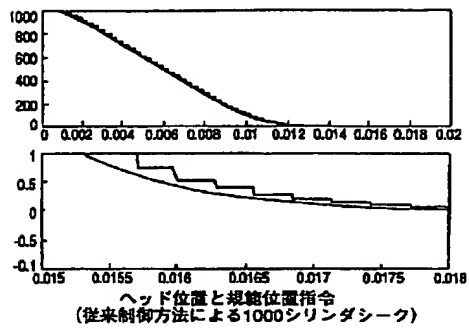
【図36】



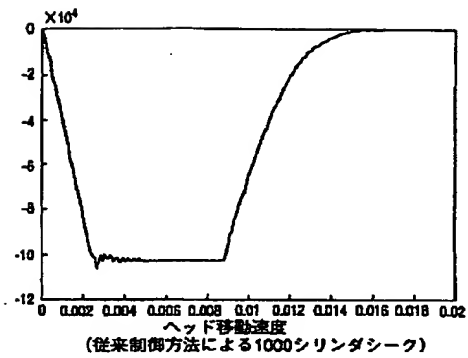
【図37】



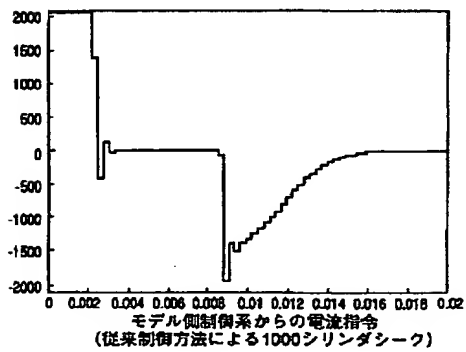
【図38】



【図39】



【図40】



【図41】

